

TP N.06

Modélisation expérimentale d'instruments d'optique: Microscope-Lunette astronomique

Objectifs : L'objectif de ce TP d'optique est de modéliser sur banc optique les systèmes optiques classiques permettant d'observer des objets de petite taille (**le microscope**) ou lointains (**lunette astronomique**) et d'évaluer leurs performances.

Compétences évaluées :

- Effectuer des représentations graphiques à partir des données expérimentales.
- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.
- Mettre en œuvre une mesure de longueur par déplacement d'un viseur entre deux positions sur un banc optique.
- Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales, et choisir leur focale de façon raisonnée.

1 Le microscope :

Question préalable : A quoi sert un microscope ?

1.1 Description :

Un microscope est constitué principalement de l'association de deux systèmes optiques convergents, centrés sur le même axe optique, l'objectif et l'oculaire :

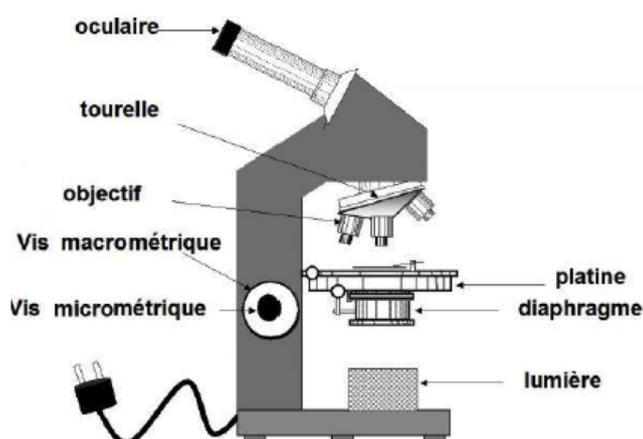
- ▶ **L'objectif** est une association de plusieurs lentilles, **Le système optique est convergent à une faible distance focale**, de l'ordre de quelques millimètres.
- ▶ **L'oculaire** est lui aussi **un système optique convergent dont la distance focale est de l'ordre du centimètre** et qui fonctionne comme une loupe.

L'objectif et l'oculaire sont placés aux deux extrémités du tube optique : **la distance constante qui sépare le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire est appelée intervalle optique $\Delta = \overline{F_1'F_2}$** .

En général, un microscope dispose de plusieurs objectifs et oculaires permettant d'obtenir de nombreux **grossissements**.

La mise au point consiste à déplacer le bloc objectif-tube-oculaire à l'aide des boutons de **réglage grossier** (bouton de commande de la crémaillère) puis de **réglage fin** (à l'aide du bouton de commande de la vis micrométrique).

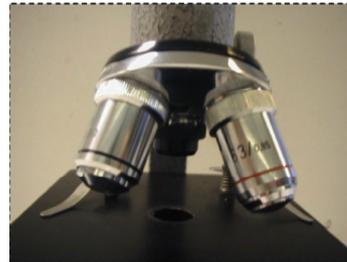
L'objet est examiné par transparence il faut alors l'éclairer fortement en concentrant sur lui la lumière au moyen d'un miroir orientable, associé souvent à un système optique convergent appelé **condenseur**.



► **L'oculaire** : C'est une lentille convergente de plus grande focale (quelques cm) Il sert de loupe en grossissant l'image intermédiaire donnée par l'objectif. · Le grossissement de l'oculaire est noté G_2



► **L'objectif** : C'est une lentille convergente de courte focale (quelques mm)· Un objet placé à proximité de son foyer donne une image intermédiaire agrandie et renversée.
Le grandissement de l'objectif est noté γ_1 · Un dispositif de rotation jusqu'à 360° permet de changer l'objectif.

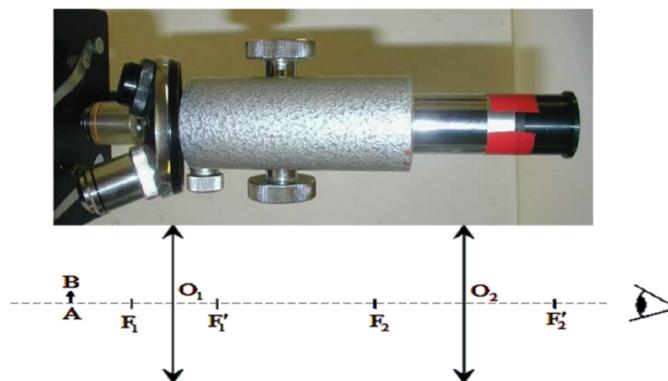


1.2 questions :

1. Généralement, les microscopes sont massifs : le statif est en fonte. Pour quelle raison ?
2. A quoi sert le condenseur ? D'après le schéma, de quoi est constitué ce système optique ?
3. Un microscope possède généralement plusieurs objectifs, on parle alors d'une monture à revolver. Pourquoi ?
4. Dans les informations ci-dessus, on nous dit que l'oculaire fonctionne comme une loupe. Où doit alors se situer, par rapport à l'oculaire, l'image intermédiaire de l'objet donnée par l'objectif ?
5. Le microscope est, comme la lunette astronomique, un instrument composé de deux systèmes optiques convergents. Quelle est la principale différence entre ces deux instruments ? (cela est lié au système de mise au point).

1.3 Modélisation de l'instrument :

- Un microscope peut être modélisé par un ensemble de deux lentilles minces convergentes.
- Les deux lentilles ont même axe optique et sont fixes l'une par rapport à l'autre.



On dispose de deux lentilles : une de 5δ et l'autre de 10δ .

1. D'après la description du microscope, laquelle constitue l'objectif laquelle sera l'oculaire ?
2. Calculez les distances focales correspondantes.

1.4 Positionnement des lentilles :

- ▶ **objet** : un morceau de papier millimétré où on dessinera au crayon de papier une petite lettre F de 5.0 mm de hauteur. Cet objet est fixé à la sortie de la source lumineuse et est placé au zéro du banc optique (soit ici 5,0 cm).
 - ▶ **objectif** L_1 : $f'_1 = 10,0\text{cm}$ placé sur la graduation 17,0 cm.
 - ▶ **oculaire** L_2 : $f'_2 = 20,0\text{cm}$.
 - ▶ distance O_1O_2 entre les deux lentilles : est constante fixée à 75,0 cm (graduation 80,0 cm du banc)
1. Vérifier par le calcul que l'intervalle optique est de 45,0 cm.
 2. Sur une feuille de papier millimétré, représenter le microscope à l'échelle 1 verticalement et à l'échelle $1/5^{\text{eme}}$ horizontalement. Notez les foyers des deux lentilles. Ce schéma sera complété progressivement au cours du TP.

1.5 Image intermédiaire A_1B_1 :

Schématiquement, la correspondance entre objet et image pour l'objectif et l'oculaire est donnée ci-dessous :



1. On désire observer une image définitive $A'B'$ à l'infini (observation sans fatigue de l'œil), où doit être placée l'image intermédiaire A_1B_1 par rapport à l'oculaire ? En déduire la valeur de O_1A_1 .
2. Placez un écran sur le banc d'optique à l'endroit où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 . Déplacez l'objet AB (donc la lampe) jusqu'à obtenir l'image intermédiaire A_1B_1 nette sur l'écran. Noter la position de l'objet par rapport à l'objectif O_1A .
3. Quelles sont les caractéristiques de l'image intermédiaire (taille, sens) ?
4. Déterminez le grandissement de l'objectif. En appliquant la relation de conjugaison, retrouvez la position de l'objet A_1B_1 .
5. Comparez numériquement $|\gamma_1|$ et $\frac{\Delta}{f'_1}$. Établir une relation entre les deux grandeurs.
6. Complétez le schéma du microscope en représentant l'objet par un trait vertical AB.

Remarque : avec un objet de quelques millimètres de hauteur, il est difficile de faire une construction précise des images. Ainsi, on partira de l'image intermédiaire A_1B_1 pour construire AB et $A'B'$.

1.6 Image définitive $A'B'$:

1. Placez l'écran juste après l'oculaire et déplacez-le jusqu'à observer un petit disque lumineux bien net : ce disque est le cercle oculaire du microscope.
Retirez l'écran, éteindre la lampe et placez l'œil au niveau du cercle oculaire, observez l'image à travers l'oculaire.
2. L'image définitive est-elle droite ou renversée ?
3. La taille de l'image définitive diminue-t-elle lorsqu'on éloigne l'œil de l'oculaire ? Pourquoi ?
4. Construire l'image définitive $A'B'$ sur le schéma du papier millimétré.
5. Construire la marche d'un faisceau lumineux c'est-à-dire l'ensemble des rayons qui traversent les 2 lentilles.

1.7 Grossissement standard d'un microscope :

1. On définit le grossissement standard du microscope par $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ avec :
 - α l'angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu à une distance standard $d_m = 25\text{cm}$
 - l'angle sous lequel l'œil voit l'image de l'objet à travers le microscope.

Calculez α . On utilisera l'approximation des petits : $\tan \alpha \simeq \alpha$.

2. Notez sur le schéma du papier millimétré l'angle α' sous lequel on voit l'image définitive. Exprimez cet angle en fonction de A_1B_1 et f'_2 . On utilisera l'approximation $\tan \alpha' \simeq \alpha'$.
3. En déduire le grossissement G du microscope simulé.
4. Montrer que le grossissement d'un microscope est aussi donné par la relation $G = |\gamma_1| \cdot G_2$.

1.8 Retour sur le cercle oculaire :

1. Placez l'écran derrière l'oculaire et retrouver le cercle oculaire du microscope.
2. Placez une pointe de crayon contre l'objectif. Qu'observez-vous au niveau du cercle oculaire ?
3. Complétez la phrase ci-dessous : Le cercle oculaire est de la monture de l'..... donnée par l'
4. On note C le point d'intersection entre le cercle oculaire et l'axe optique. À partir de la formule de conjugaison des lentilles, calculez $\overline{O_2C}$.
5. Vérifiez que $O_2C > f'_2$. Comparez la valeur calculée avec celle obtenue expérimentalement.
6. Après avoir mesuré le diamètre de l'objectif, calculez le diamètre du cercle oculaire d_{CO} et comparez avec l'expérience. $d_{obj} = 4,0\text{cm}$.
7. Le cercle oculaire dépend-il de la position et de la taille de l'objet ?
8. Sur le schéma du papier millimétré, **limitez** votre objectif à 4 cm de diamètre. Dessinez alors les rayons lumineux permettant d'obtenir le cercle oculaire (rayons partant des extrémités de l'objectif).
9. Où doit-on placer l'oeil pour une bonne observation ?